

腦性麻痺兒童在不同速度的肌力及與粗動作功能的相關性

Relationships of muscle strength at different velocities and gross motor functions in children with cerebral palsy

陳奎汝¹(Kuei-Ru Chen), 洪維憲^{1*}(Wei-Hsien Hong), 陳嘉玲²(Chia-Ling Chen), 高敬棠¹(Jing-Town Gao)

¹ 中國醫藥大學 運動醫學系 (Department of Sports Medicine, China Medical University)

² 長庚紀念醫院 復健科 (Chang Gung Memorial Hospital, Linkou)

一、中文摘要

本研究的目的是評估可行走的腦性麻痺(CP)兒童在不同角速度的肌力和其與粗動作功能的關係。這項研究包括20位年齡在6-15歲的腦性麻痺與10位正常發展的兒童。腦性麻痺兒童根據粗動作功能分級系統(GMFCS)分為I級(N =10)或II級(N=10)。所有兒童接受一分鐘仰臥起坐及不同角速度(60°/s、90°/s、和120°/s)膝伸肌和屈肌的等速肌力測試。腦性麻痺兒童並進行粗動作功能評估,包括粗動作功能測量(GMFM-66)和布巴斯歐斯索動作精練度測試 (Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency, BOTMP)。結果顯示GMFCS II級比I級的兒童有較低的BOTMP和GMFM-66分數、仰臥起坐分數、和膝關節肌力,特別是在膝屈肌的肌力。結果顯示姿勢性肌力(膝屈肌)比抗重力肌力(膝伸肌)更影響著粗動作功能。在不同角速度下的膝屈肌的肌力和各種粗動作任務有明顯相關。這些數據可能提供臨床人員對腦性麻痺兒童制定一個有效的肌力增強策略的參考。

關鍵詞：腦性麻痺、姿勢性肌肉、粗動作功能、肌力

Abstract

The aim of this study was to evaluate the relationships of muscle strength at different angular velocities and gross motor functions in ambulatory children with cerebral palsy (CP). This study included 20 ambulatory children with spastic CP aged 6–15 years and 10 children with normal development. Children with CP were categorized into level I (n=10) or level II (n=10) according to Gross Motor Function Classification System (GMFCS) levels. All children underwent cur-up test and isokinetic tests of the knee extensor and flexor muscle. Children with CP underwent the gross motor function assessments, including the Gross Motor Function Measure (GMFM-66) and the gross motor subtests of Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency (BOTMP). Children with GMFCS level II had lower BOTMP and GMFM-66 scores, curl-up scores, and knee muscle strength, especially knee flexor, compared to those with

GMFCS level I. Postural muscle (knee flexor) strength dominated gross motor function than antigravity muscle (knee extensor) strength. The knee flexor strength at different angular velocities was associated with various gross motor tasks. These data may allow clinician for formulating effective muscle strengthening strategies for these children.

Keywords: Cerebral palsy, Postural muscle, Gross motor function, Muscle strength

二、緣由與目的

腦性麻痺 (cerebral palsy, CP) 是在兒童時期最常見的運動障礙,其發生率是每1000位新生兒1.5-2位 (Himmelman et al., 2005)。所謂CP是在動作和姿勢失調而限制其活動和參與的組群 (Rosenbaum et al., 2007), 典型動作表現形式, 包括各種神經肌肉和骨骼問題, 如痙攣、肌張力不全 (dystonia)、攣縮、骨骼生長異常、平衡能力差及肌肉無力 (muscle weakness) (Gormley, 2001)。肌肉無力對CP兒童是最常見的損傷 (Wiley & Damiano, 1998), 可歸因於不完整的徵召或減少運動單位放電率 (Rose & McGill, 2005), 和拮抗肌群不適當的共同活化 (Wiley & Damiano, 1998)。和痙攣相比, 肌肉無力和CP兒童活動限制有較強的相關性 (Rose & Engsborg, 2007)。無力的結果將造成進一步的功能喪失及限制其日常生活的參與 (Givon, 2009)。

CP兒童無力的展現不僅在肢體肌肉 (Chen, Lin et al., 2012), 也在軀幹肌肉 (Rosenbaum et al., 2007)。為了有效治療CP兒童的肌肉無力, 肌力和肌耐力必須被準確的測量。肢體肌肉通常由徒手肌力測試和等速肌力測試 (Chmielewski et al., 2003), 雖然徒手肌力測試是比較容易執行, 其結果對痙攣型受試者較不客觀; 相反地, 等速肌力測試是一個客觀的測量 (Esselman et al., 1991)。先前研究顯示正常兒童的膝伸肌和屈肌隨著角速度增加而降低 (Alangari & Al-Hazzaa, 2004)。Engsborg et al. (1998) 研究也顯示CP兒童肌力不僅較正常兒童弱, 且隨著速度增加其力矩加速遞減。仰臥起坐測試 (curl-up test) 是廣泛用於評估軀幹肌肉耐力 (Ruiz et

al.,2006)。因此，仰臥起坐測試和等速肌力測試於本研究被用來測量軀幹肌肉的耐力和膝關節肌力。

粗動作功能測量(GMFM)是一個標準化和可靠的量測工具對CP兒童粗動作功能變化評估(Russell et al., 2002)。肌力與GMFM分數有中度至高度相關的報告，顯示肌力對動作能力扮演一重要角色(Damiano et al., 2001)；而GMFM-66比GMFM-88更有較好的評分、解釋，和整體臨床和研究的效用(Avery et al., 2003)。「布巴斯歐斯索動作精練度測試」(Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency, BOTMP)是另一種可靠量測工具評估CP兒童動作協調(Chen et al., 2011)，此研究將應用這二種工具測試粗動作與協調性。

迄今，尚未有研究針對評估CP兒童的肌力及耐力與不同動作任務的粗動作功能的相關性，因此本研究目的在測試不同速度下的肌力與粗動作功能的相關性，研究有二個假設：肌力和肌耐力和粗動作功能有相關；相較膝伸肌(抗重力肌肉, antigravity muscle)，膝屈肌(姿勢性肌肉, postural muscle)和不同任務的粗動作功能有較強的相關性。

三、材料與方法

3.1 受試者

本研究徵召20位痲痺型CP兒童，CP納入標準其粗動作功能分級系統(Gross Motor Function Classification System, GMFCS)被診斷為 I - II期(Palisano et al., 1997)，為6-15歲，CP兒童根據GMFCS分為I級(N=10)或II級(N=10)，納入標準為能獨立行走，並於測試期間能夠接受一個運動功能和等速肌力測試，和領悟命令和合作的能力，10位年齡和性別相配的正常發展兒童為對照組。本研究並通過長庚醫院人體試驗委員會的審查批准，所有參與兒童的家長都經過說明且同意參加，並簽下受試者同意書。

3.2 設計與流程

所有參與者進行一系列測試，包括年齡、性別、身高、體重、和身體質量指數(BMI)被記錄，個人資料結果顯示於表1。其中身體質量指數計算的體重除以身高的平方。三組兒童接受肌力及肌耐力測試、而CP兒童另外接受粗動作功能的評估(包括GMFM-66及BOTMP)。

(1)粗動作功能(Gross motor function)

GMFM 內容可分為五個項目，分別為躺/翻身、坐、爬/跪、站、走/跑/跳來評分，依動作執行的完成度由 0-3 分來給分。研究顯示此量表具有高度之信度與效度(Palisano et al., 1997)，且是目前在研究治療腦性麻痺兒童之學術界與臨床界被廣泛使用，也是廣被接受與運用之兒童動作

評估工具。其中GMFM-66，為66個項目的一個子集組成，是一維的階層性的量表(hierarchical scale)。GMFM-66分獲得的GMFM-88總總值的動作能力的估算軟體的得分(Russell et al., 2002)。

BOTMP (Bruininks, 1978) 適用年齡為4到21歲動作精熟度測試，包括46項，八個次項目組成的完整的一套測驗。動作能力分為粗動作和精細動作。BOTMP四個粗動作的子測試(subtest)包含跑的速度和敏捷性(running speed and agility, RSA)、平衡(balance, BAL)、雙邊協調(bilateral coordination, BCO)、和肌力(strength, STR)。Bruininks-Oseretsky動作精熟度測驗的評量方式是採取量化計算得分，粗動作合成(gross motor composite, GMC)得分為四個子測試的標準分數相加所得。各項分數愈高動作功能愈好。

(2)肌力(Muscle strength)

軀幹肌力使用仰臥起坐(curl-ups)評估。仰臥起的測試在測量腹部肌肉的反覆產生張力的能力。這些肌肉的使用主要是姿勢的控制。這變數是每分鐘能正確執行仰臥起坐的最大次數(curl-up scores)。較嚴重患側的膝關節伸展及屈曲力矩的量測則使用等速肌力儀(Cyberx NORM[®], Humac, CA, USA)。受試者坐在Cyberx測試椅上在一個軀幹-大腿間95°角的位置。肌力儀輸入軸是和膝蓋對齊，測試的腿綁於肌力儀力臂略高於malleoli處。測試前，每位受試者進行熱身收縮和膝關節伸直和屈曲向心收縮兩次的練習。休息10秒後，受試者進行了連續五個週期的膝關節伸屈(knee extension-flexion)向心收縮。膝關節伸屈包括一最大自主膝伸展，緊接著一個最大自主的膝屈曲。設置速度為60°/s、90°/s和120°/s，運動範圍是70，開始在膝屈曲80°結束在膝伸展-10°的位置。測量變數為膝關節伸肌和屈肌的等速力矩峰值(peak torque)。

3.3 統計分析

使用SPSS統計軟體進行統計分析(SPSS, Inc., Chicago, IL, USA)。使用變異數分析(ANOVA)檢定三組基本資料(身高、體重、BMI等及仰臥起坐分數)及Tukey檢定做多重比較，及臨床特徵的差異；分類變量(如性別)使用卡方檢定(chi-square test)，粗動作(GMFCS、BOTMP)的比較則使用student's t-test，重複性變異數分析檢定不同角速度和組別間的膝關節肌力；皮爾森相關性(Pearson correlation)分析個人資料和肌力與粗動作功能間的關係，顯著水平定為p<0.05。

四、結果與討論

表1為三組受試者個人及臨床評估資料。結果顯示年齡、身高、體重及BMI等三組間無明顯差異。粗動作功能比較，GMFCS I級CP兒童的GMFM-66及BOTMP的子測試及GMC分數皆比GMFCS I級的兒童高($p<0.05$)(表1)。在肌耐力方面，仰臥起坐分數三組間有明顯差異($p<0.01$)，多重比較顯示仰臥起坐分數最高在正常兒童，其次是GMFCS I級，而GMFCS II級兒童最低(表2)。先前研究正常兒童軀幹控制的核心穩定和下肢功能有高度相關(Willson et al., 2005)，不好的軀幹姿勢性肌肉控制是CP兒童主要的損傷(Rosenbaum et al., 2007)，這些結果建議膝屈肌應被優先治療去增進CP兒童的粗動作功能，肌耐力的訓練也可調整粗動作功能，特別在跑的速度及敏捷度上。

表2為三組受試者的肌耐力和肌力的比較。結果顯示不同速度的膝屈肌和伸肌的力矩峰值($p<0.05$)與組間($p<0.05$)有明顯差異；而膝屈肌在速度和組間有明顯交互作用($p<0.01$)。事後比較顯示GMFCS II級兒童比正常兒童有較低的膝伸肌力矩，此外，膝屈肌力矩最大在正常兒童，其次是GMFCS I級，而GMFCS II級兒童最低。先前研究也顯示CP兒童比正常兒童有較大膝屈肌和伸肌間的肌力缺損(Damiano et al., 1995)。CP兒童肌肉無力可能和上動作神經損傷而損害神經輸出的結果(Moreau et al., 1998)。肌肉收縮力一般取決於動作單元徵召(DeLuca & Erim, 1994)。在速度方面，膝伸肌和屈肌力矩最大在 $60^\circ/s$ 而最低在 $120^\circ/s$ 。交互作用效應，正常兒童的膝屈肌力矩隨速度增加而明顯降低，相反地，GMFCS II級兒童則隨速度增加而明顯增加(表2)，這結果和先前研究相一致(Alangari & Al-Hazzaa, 2004; Chan et al., 1996)。這發現建議甚至輕度CP兒童(GMFCS I和II級)肌力和肌耐力的訓練應被包含在治療的策略中。

表3為肌力與粗動作功能的相關性。結果顯示GMFM-66分數和膝屈肌力矩和仰臥起坐分數有較強的相關性($p<0.05$)比和膝伸肌力矩：除了BCO，BOTMP的子測試和仰臥起坐分數($r=0.367-0.656$, $p<0.05$)和在不同速度的膝屈肌力矩($r=0.391-0.720$, $p<0.05$)有相關性，而和膝伸肌力矩只在速度 $120^\circ/s$ 有相關($r=0.362-0.465$, $p<0.05$)。這結果和先前研究相一致(Hong et al., 2012)。這研究建議姿勢性肌力(膝屈肌)比抗重心肌力(膝伸肌)和粗動作功能有更大的相關，而腳踏車訓練計畫可能對CP兒童的姿勢性肌力的增強是一個選擇，特別對較嚴重損傷的兒童。

五、結論

此研究顯示粗動作功能、肌耐力在GMFCS II級兒童比I級兒童低，姿勢性肌力(膝屈肌)也比抗重

力肌力(膝伸肌)低，而其和粗動作功能有相對較高的相關性；同時，在不同速度下的膝屈肌肌力和各重粗動作任務有相關，這研究建議CP兒童的肌肉訓練應著重在姿勢性肌肉，特別在高速度下的訓練。這些數據可能提供臨床人員對腦性麻痺兒童制定一個有效的肌力增強策略的參考。

六、誌謝

本研究由國家科學委員會編號NSC96-2314-B-182A-044-MY2的補助支持，特此誌謝。

七、參考文獻

1. Alangari, A. S., & Al-Hazzaa, H. M. (2004). *Neurosciences*, 9:165-170.
2. Avery, L., Russell, D., Raina, P., Walter, S., & Rosenbaum, P. (2003). *Arch Phys Med Rehabil*, 84:697-705.
3. Bruininks, R. H. (1978). Circle Pines, MN: American Guidance Service.
4. Chan, K. M., Maffulli, N., Korkia, P., & Li, C. T. (1996). Hong Kong: Williams & Wilkins.
5. Chen, C. L., Lin, K. C., Wu, C. Y., Ke, J. Y., Wang, C. J., & Chen, C. Y. (2012a). *Osteoporosis Int*, 23:715-721.
6. Chmielewski, T. L., Mizner, R. L., Padamonsky, W., & Snyder-Mackler, L. (2003). *Physical Therapies in Sport and Exercise* (pp. 379-398). London, UK: Churchill Livingstone.
7. Damiano, D. L., Vaughan, C. L., & Abel, M. F. (1995). *Dev Med Child Neurol*, 37: 731-739.
8. Damiano, D. L., Martellotta, T. L., Quinlivan, J. M., & Abel, M. F. (2001). *Med Sci Sports Exer*, 33:117-122.
9. De Luca, C. J., & Erim, Z. (1994). *Trends in Neuroscience*, 17: 299-305.
10. Esselman, P. C., de Lateur, B. J., Alquist, A. D., Questad, K. A., & Giaconi, R. M. (1991). *Arch Phys Med Rehabil*, 72 : 723-728.
11. Givon, U. (2009). *Acta Orthopaedica et Traumatologica Turcica*, 43:87-93.
12. Gormley Jr, M. E. (2001). *Pediatr rehabil*. 4:5-16.
13. Himmelman, K., Hagberg, G., Beckung, E., Hagberg, B., & Uvebrant, P. (2005). *Acta Paediatrica*, 94:287-294.
14. Rose, J., & McGill, K. C. (2005). *Dev Med Child Neurol*, 47:329-336.
15. Ross, S. A., & Engsborg, J. R. (2007). *Arch Phys Med Rehabil*, 88:1114-1120.
16. Rosenbaum, P., Paneth, N., Leviton, A., Goldstein, M., Bax, M., Damiano, D. (2007). *Dev Med Child Neurol*, 49:8-14.

表 1. 受測者個人和臨床資料.

參數	群組	CP 兒童		正常兒童 (n=10)
		GMFCS I 級 (n=10)	GMFCS II 級 (n=10)	
性別 (n) (男/女) ^a		7/3	6/4	6/4
年齡 (歲) ^b		9.8 ± 2.5	9.3 ± 3.0	10.0 ± 3.1
身高 (cm) ^b		132.0 ± 16.5	127.3 ± 16.0	129.1 ± 13.3
體重 (kg) ^b		31.6 ± 12.2	28.84 ± 12.3	30.8 ± 11.9
BMI (m/kg ²) ^b		18.2 ± 3.5	17.0 ± 3.2	18.0 ± 2.9
粗動作功能				
GMFM-66 ^c		88.3 ± 7.5	66.2 ± 3.8	
BOTMP				
跑步的速度和敏捷性(RSA) ^c		6.0 ± 5.2	1.2 ± 0.4	
平衡(BAL) ^c		8.3 ± 7.5	1.6 ± 1.4	
雙側協調(BCO) ^c		12.29 ± 5.8	7.3 ± 5.5	
肌力(STR) ^c		9.0 ± 6.2	2.9 ± 2.21	
粗動作合成(GMC) ^c		34.0 ± 17.8	12.6 ± 8.3	

^a Fisher's Exact tests; ^b one-way ANOVA; ^c *t* tests; BMI, body mass index; CP, cerebral palsy; ND, normal development; GMFM-66, Gross Motor Function Measure-66; BOTMP, Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency.

表 2. 三組受試者的肌力及肌耐力

參數	群組	CP 兒童		正常兒童 (n=10)	<i>P</i> value		
		GMFCS I 級 (n=10)	GMFCS II 級 (n=10)		<i>Between</i> (Groups)	<i>Within</i> (Velocity)	<i>Inter-</i> <i>action</i>
肌耐力							
仰臥起坐分數(times/min)		14.6 ± 9.5	3.5 ± 4.2	25.5 ± 6.4	< 0.001		
肌力 (力矩峰值, Nm/kg)							
膝伸肌					0.047	< 0.01	0.090
60°/s		1.70 ± 0.60	1.32 ± 0.56	2.02 ± 0.64			
90°/s		1.56 ± 0.56	1.27 ± 0.58	1.72 ± 0.58			
120°/s		1.33 ± 0.55	1.03 ± 0.45	1.36 ± 0.55			
膝屈肌					< 0.01	0.045	< 0.01
60°/s		0.65 ± 0.20	0.27 ± 0.21	1.10 ± 0.40			
90°/s		0.65 ± 0.24	0.29 ± 0.20	0.96 ± 0.37			
120°/s		0.62 ± 0.22	0.34 ± 0.23	0.83 ± 0.35			

*, *P* < 0.05; **, *P* < 0.01; Values are expressed as mean ± SD; CP, cerebral palsy; ND, normal development.

表 3. CP 兒童肌耐力和肌力與粗動作功能的相關性

肌力參數	粗動作功能	BOTMP					
		GMFM-66	RSA	BAL	BCO	STR	GMC
仰臥起坐		0.656**	0.632**	0.367*	0.165	0.433*	0.425*
肌力 (Peak torque, Nm/kg)							
膝伸肌	60°/s	0.350	0.289	0.243	-0.230	0.148	0.155
	90°/s	0.355	0.348	0.313	-0.115	0.204	0.254
	120°/s	0.414*	0.465**	0.365*	0.088	0.135	0.362*
膝屈肌	60°/s	0.720**	0.614**	0.408*	0.222	0.519**	0.478**
	90°/s	0.660**	0.588**	0.442*	0.177	0.462**	0.465**
	120°/s	0.646**	0.632**	0.391*	0.273	0.472**	0.495**

*, *P* < 0.05; **, *P* < 0.01; GMFM-66, Gross Motor Function Measure-66; BOTMP, Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency; RSA, running speed and agility; BAL, balance; BCO, bilateral coordination; STR, strength; GMC, Gross motor composite.